УДК 550.89

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КАЛГУТИНСКОЙ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ (ЮЖНЫЙ АЛТАЙ)

И.Ю. Анникова, А.Г. Владимиров, С.А. Выставной, А.Н. Василевский, Л.В. Витте*, Е.Н. Мороз

Институт геологии СО РАН. г. Новосибирск
E-mail: ira99@uiggm.nsc.ru
*Институт геофизики СО РАН. г. Новосибирск

Приведены новые данные по тектонической позиции, глубинной морфологии, внутреннему строению, возрасту и истории формирования Калгутинского редкометалльно-гранитного массива и связанного с ним одноименного редкометалльно-молибден-вольфрамового месторождения.

Калгутинская рудно-магматическая система (РМС), представленная одноменным редкометалльно-гранитным массивом, дайковым поясом онгонитов-эльванов и крупным редкометалльно-молибден-вольфрамовым месторождением (рис. 1), начиная с середины 30-х годов прошлого столетия и до настоящего времени, является объектом пристального внимания многих исследователей (М.С. Баклаков, А.С. Калугин, Р.А. Котляров, М.Г. Русанов, Н.М. Кужельный, Н.Н. Амшинский, Е.И. Никитина, А.А. Оболенский, В.И. Сотников, Н.И. Тимофеев, В.Б. Дергачев, И.Ю. Анникова, А.Г. Владимиров, С.А. Выставной, Л.П. Рихванов, А.А. Поцелуев, А.В. Титов и др.). За этот период времени накоплен большой комплекс данных по возрасту, истории формирования и тектонической позиции Калгутинского редкометалльно-гранитного гранитного массива, его глубинной морфологии, а также термобарогеохимии и изотопной систематике Sr, Nd и Pb.

Редкометалльные граниты южной части Горного Алтая традиционно коррелировались с гранитами калбинского типа в Восточном Казахстане и на этом основании им приписывался пермский возраст [1–4]. Эта точка зрения была пересмотрена в последние годы, в первую очередь, благодаря мультисистемному изотопному датированию пород и минералов [5–11]. С учетом этих геохронологических данных (U-Pb, Rb-Sr и Ar-Ar), а также прямых геологических наблюдений предлагается следующая схема эволюции редкометалльных рудно-магматических систем южной части Горного Алтая (таблица). Анализ этой таблицы показывает, что в пределах Холзунско-Чуйского поднятия (юг Горного Алтая) необходимо выделять, по крайней мере, три существенно автономных очаговых ареала: Бухтарминский (Кунгурджаринский), Калгутинский и Чиндагатуйский (Алахинский), в каждом из которых магматизм и связанное с ним эндогенное оруденение имеют специфический характер, что, по-видимому, обусловлено отличием в составе гранитообразующего субстрата и степенью взаимодействия с мантийным источником.

Редкометалльные граниты, представленные крупными батолитами, в различных очаговых ареалах близки по петрохимическому и редкоэлементному составу, в то время как магматические породы завершающих стадий, отвечающие остаточным ультраредкометалльным очагам, резко различаются [10, 12, 13]. В Бухтарминском (Кунгурджаринском) и Чиндагатуйском (Алахинском) очаговых ареалах они представлены предельными дифференциатами редкометалльно-гранитной магмы без прямых признаков участия мантийного источника, в Калгутинском очаговом ареале – характеризуются аномально повышенными концентрациями фосфора (до 0,96 %), кроме того, здесь обнаружены высокотемпературные фельзит-порфиры [14]. Эти данные указывают на взаимодействие остаточных ультраредкометалльных очагов с мантийными расплавами.

Необходимо особо подчеркнуть, что для Бухтарминского и Чиндагатуйского очаговых ареалов, включая сопредельные территории Восточного Казахстана и Китая, характерна Li-Ta(±Be) и W-Sn минерализация; для Калгутинского очагового ареала, включая сопредельные территории Монголии и Китая, – Mo-W(±Be) минерализация. Присутствие или отсутствие молибдена в рудно-магматических системах является важным критерием различия очаговых ареалов. Учитывая мантийный генезис классических молибден-порфировых месторождений, этот признак также свидетельствует о существенном влиянии мантийного источника на ультраредкометалльные остаточные очаги. Очевидно, что с этим фактором связана специфика (уникальность) Калгутинского редкометалльно-молибден-вольфрамового рудного поля.

Рассмотренная выше схема районирования южной части Горного Алтая с позиции выделения трех гранитных очаговых ареалов, металлогеническая специализация которых отражает роль мантийного источника, находит прямое подтверждение при анализе глубинной морфологии, внутреннего строения, эволюции и специфики состава Калгутинской редкометалльно-гранитной РМС.

Глубинная морфология Калгутинского редкометалльно-гранитного массива была определена на основе карт гравитационного поля: остаточных аномалий силы тяжести ($\Delta g_{ост.}=\Delta g_{набл.}-\Delta g_h$ = 10 км) масштаба 1:200 000, регионального фона масштаба 1:500 000 (Δg_h = 10 км), карт изодинам масштаба 1:50 000 Калгутинского района. Расчеты моделей проводились по $\Delta g_{набл.}$, полученному суммировани-

ем значений регионального фона и остаточных аномалий. Методика моделирования гравитационных и магнитных аномалий была основана на комплексном подходе к интерпретации данных гравиметрии, магнитометрии, сейсморазведки и геологии [15–17]. Результаты моделирования гравитационных аномалий по главным профилям (рис. 2) сводятся к следующим выводам:

1. В центральной части массива установлена "ножка" шириной 1...2 км, протягивающаяся в СВ направлении и падающая на ЮВ под углом 45...60°.
2. К СЗ от центральной части массива и глубокозалегающей под ней "ножки" граниты слагают пластообразное тело мощностью 6...9 км с резким обрывом на границе Калгутинской вулкано-плутонической структуры.

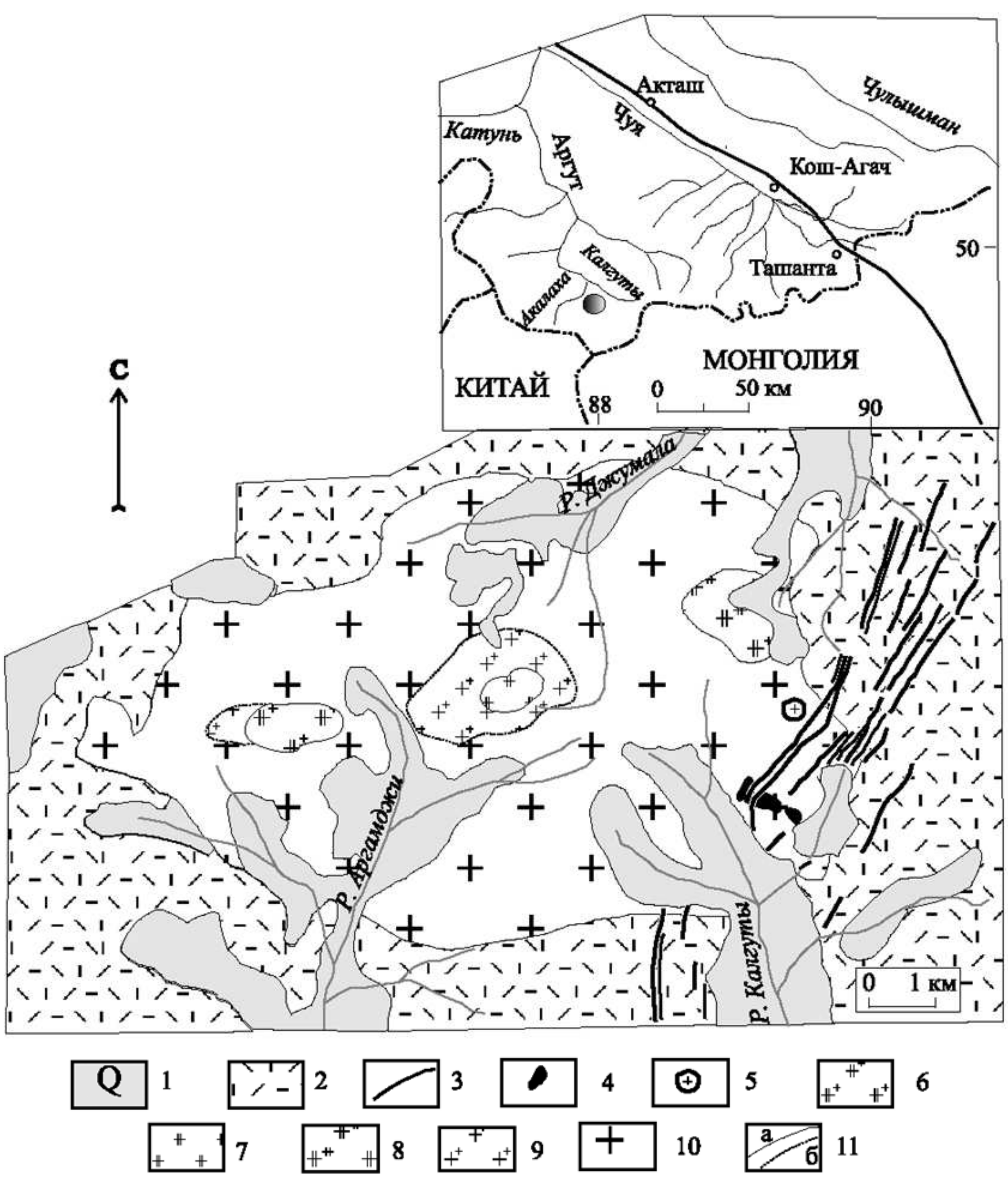


Рис. 1. *Схематическая геологическая карта Калгутинского редкометалльно-гранитного массива (составлена по данным Б.Г. Семенцова с авторскими дополнениями): 1) четвертичные отложения; 2) девонские вулканогенно-осадочные отложения нерасчлененные; 3–5) восточно-калгутинский комплекс T_3–J_1vk (3) дайки эльванов и онгонитов, 4) субвулканические штоки гранит-порфиров, 5) микрограниты, грейзенизированные микрограниты, кварц-мусковитовые грейзены "Молибденового штока"); 6–10) калгутинский гранит-лейкогранитный комплекс $T_{2-3}kl$: фазы дополнительных интрузий (6) резкопорфировидные двуслюдяные лейкограниты, 7) порфировидные и/или неравномернозернистые двуслюдяные лейкограниты, 8) крупнозернистые мусковитовые лейкограниты), главная интрузивная фаза (9) порфировидные двуслюдяные граниты, 10) порфировидные биотитовые граниты); 11) границы геологические (а) интрузивные, б) фациальные)*

3. К ЮВ от центральной части массива и глубокозалегающей под ней "ножкой" граниты слагают сложное по конфигурации тело, которое можно интепретировать как серию крутопадающих на ЮВ блоков с контрастно уменьшающейся мощностью гранитов до 3...4 км.

Таблица. *Эволюция редкометалльных рудно-магматических систем Южного Алтая*

Бухтарминская РМС (240...235 млн лет)		
Комплекс	Бухтарминский гранит-лейкогранитный (γ-lγT_2) 235±9 (Rb-Sr), 240±1 (Ar-Ar)	
Месторождение, тип и масштабы оруденения	Магматический; сподуменсодержащие аплиты; масштабы оруденения не известны, перспективный объект для поисков	
Калгутинская РМС (220...210 млн лет)		
Комплекс	Калгутинский гранит-лейкогранитный (γlγT_2-$_3$-J_1kl)	
Месторождение, тип и масштабы оруденения	Калгутинское рудное поле; гидротермальный; кварц-вольфрамит-сульфидные жилы, 213±2,4 (Ar-Ar)	
Чиндагатуйская РМС (200...190 млн лет)		**Восточно–Калгутинская РМС (205...200 млн лет)**
Комплекс	Чиндагатуйский гранит-лейкогранитный (γ-lγJ_1čn) 195,5±1,8 (Ar-Ar), 192±1,6 (Ar-Ar), 193±0,8 (Ar-Ar)	Восточно-калгутинский комплекс ($\gamma\pi J_1$vk) 204±7,8 (Ar-Ar), 203,4±1,5 (Ar-Ar), 202,4±0,8 (Ar-Ar)
Месторождение, тип и масштабы оруденения	а) Чиндагатуйское м-ние; гидротермальный; убогие кварц-вольфрамит-сульфидные жилы; отработано; б) Алахинское м-ние; магматический; сподуменовые гранит-порфиры с ураганными содержаниями Li_2O; крупный промышленный объект 198,6±1,2 (Rb-Sr)	Калгутинское рудное поле; гидротермальный; богатые кварц-вольфрамит-молибденит-берилловые жилы; крупный промышленный объект

В строении Калгутинского массива выделяются два самостоятельных интрузивных ритма (комплекса):

Калгутинский гранит-лейкогранитный комплекс мезо- и гипабиссальной фации глубинности (γ-lγT_{2-3}-J1 kl), слагающий более 90 % от общей площади массива, включает:

– γ *ГФ*$_1$ $T_{2-3}kl$ – порфировидные средне- и крупнозернистые биотитовые граниты с эндоконтактовой фацией меланогранитов;

– lγ *ФДИ*$_2$ $T_{2-3}kl$ – резкопорфировидные турмалинсодержащие биотит-мусковитовые лейкограниты с мелкозернистой основной массой (lγ *ФДИ*$^1_2$); крупно- и неравномернозернистые мусковитовые лейкограниты (lγ *ФДИ*$^2_2$) и биотит-мусковитовые крупнозернистые лейкограниты (lγ *ФДИ*$^3_2$);

– lγ-$\gamma\pi$ *ЗФ*$_3$ $T_{2-3}kl$ – мусковитовые гранит-порфиры, аплитовидные граниты, аплиты, аплитопегматиты и пегматиты.

Восточно-калгутинский комплекс даек, малых интрузий и трубок взрыва субвулканической фации глубинности (T_3-J_1vk) включает:

– $\gamma\pi_1$ T_3-J_1vk – молибденитсодержащие флюидно-эксплозивные брекчии микрогранитов и микрогранит-порфиров;

– $\gamma\pi_2$ T_3-J_1vk – апатит- и флюоритсодержащие гранит-порфиры, эльваны, редко онгониты повышенной редкометалльности;

– $\gamma\pi_3$ T_3-J_1vk – ультраредкометалльные апатитсодержащие онгониты и эльваны.

Ранний интрузивный ритм представляет собой "стандартную" гранит-лейкогранитную ассоциацию повышенной редкометалльности, которая в сравнении с геохимическим типом редкометалльных плюмазитовых гранитов (по Л.В. Таусону), имеет повышенные концентрации P, Cs, Mo,W, Sr, Ba и пониженные – F и Sn. Поздний интрузивный ритм резко отличается от "классических" (по В.И. Коваленко) онгонитов и эльванов. Гранит-порфиры, онгониты и эльваны, обладая повышенной и высокой редкометалльностью, не содержат топаза, вместо которого кристаллизуются флюорит и апатит. Отмечаются аномальные по цезиеносности разности онгонитов (до 1800 г/т), а также фельзит-порфиры гибридного корово-мантийного происхождения, аномально перегретые и содержащие необычно высокие для онгонитов концентрации CaO, Cr и Ni. Изотопная систематика пород и руд (Sr, Nd, Pb) указывает на возрастание мантийной компоненты в источнике при переходе от гранит-лейкогранитов раннего ритма к онгонитам и эльванам позднего ритма [13].

Обобщая геолого-геофизические и структурно-геологические данные, можно предложить следующую геолого-геофизическую (геодинамическую) модель формирования Калгутинской РМС. В раннем мезозое, т.е. на внутриплитном этапе тектогенеза, южная часть Горного Алтая испытала интенсивные разрывные деформации, которые заложили ортогональную сетку разрывных нарушений СВ-ЮЗ и ЮВ-СЗ простираний. Эта сетка разломов испытала деформацию в результате интенсивного сжатия СВ направления, что выразилось в сдвиго-взбросовых движениях, и одновременно она была осложнена левосдвиговыми деформациями. Гранитоидные расплавы внедрялись на фоне периодически возобновляющихся деформаций, используя тектонически наиболее ослабленные зоны (главные плоскости взбросо-сдвигов и трещины отрыва).

На раннем этапе (220...215 млн лет) первичная гранит-лейкогранитная магма сформировала трещинную интрузию Z-образной формы. Текстурно-структурный облик и эволюция состава гранитов раннего ритма Калгутинского массива контролировались кристаллизационной дифференциацией. На позднем этапе (205...200 млн лет) произошла дефор-

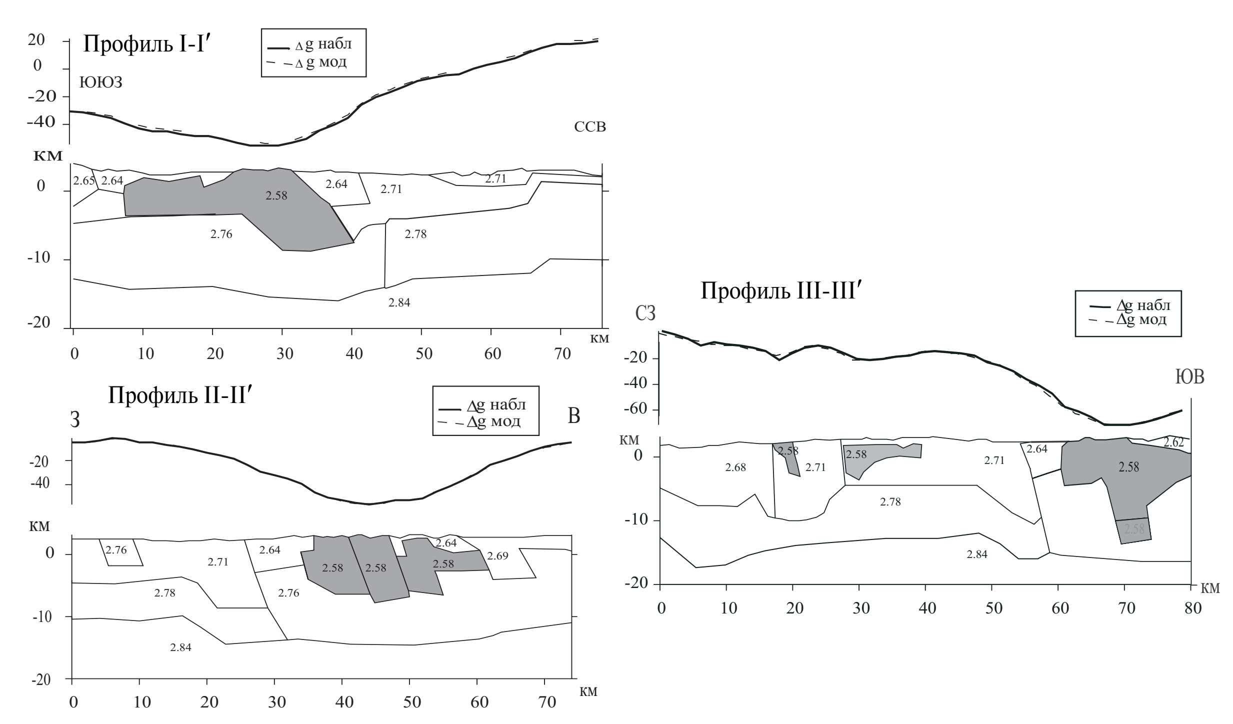


Рис. 2. *Результаты моделирования гравитационных аномалий по профилям, пересекающим Калгутинский гранитный массив и соответствующий ему центр гравитационого минимума*

мация гранитного массива в результате взбросово-сдвиговых движений. Внедрение онгонитов, эльванов и рудных жил контролировалось субвертикальными трещинами отрыва, возникшими в результате взбросовой тектоники и вскрывшими глубинный нижнекоровый очаг. Формирование ультраредкометалльных даек и продуктивного Mo-W оруденения контролировалось двумя факторами: 1) кристаллизационной дифференциацией родоначальной гранит-лейкогранитной магмы повышенной редкометалльности, 2) взаимодействием остаточных кремнекислых расплавов с мантийными магмами щелочно-базальтового и/или лампрофирового состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амшинский Н.Н. Вертикальная петрогеохимическая зональность гранитоидных плутонов. – Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1973. – 200 с.
2. Амшинский Н.Н., Врублевский В.А., Кононов В.Н. и др. Состояние изученности и расчленение пород Алтая, Салаира и Томь-Колыванской складчатой зоны на комплексы. – Л.: Недра, 1978. – 45 с.
3. Морозов О.А. Калий-аргоновое датирование разнофазных образований Калгутинского гранитного массива (Горный Алтай) // Известия АН СССР. – Сер. геол. – 1986. – № 10. – С. 145–149.
4. Лузгин Б.Н. Пространственная модель оруденения Калгутинского рудного района (Горный Алтай) // Советская геология. – 1988. – № 8. – С. 94–97.
5. Козлов М.С., Халилов В.А., Стасенко Н.В., Тимкин В.И. Юрская лейкогранит-гранитовая формация Алтая // Геология и геофизика. – 1991. – № 8. – С. 43–52.
6. Ильин В.А., Халилов В.А., Козлов М.С. и др. О возрасте Алахинского штока Горного Алтая по данным U-Pb и Rb-Sr датирования // Геология и геофизика. – 1994. – № 1. – С. 79–81.
7. Владимиров А.Г., Пономарева А.П., Шокальский С.П. и др. Позднепалеозойский-раннемезозойский гранитоидный магматизм Алтая // Геология и геофизика. – 1997. – № 4. – С. 715–729.
8. Kostitsyn Yu.A., Vystavnoi S.A., Vladimirov A.G. Age and genesis of the spodumene-bearing granites of the SW Altai (Russia): an isotopic and geochemical study // Acta Universitatis Carolinae. – Geologica. – 1998. – V. 42(1). – P. 60–63.
9. Vladimirov A.G., Vystavnoy S.A., Kruk N.N., Titov A.V., Annikova I.Yu., Moroz E.N. The South-Chuya Ridge and the Ukok Plateau (southern part of Gorny Altai) // Continental grows in the phanerozoic: evidence from Central Asia. Third Workshop. Geology, magmatism and metamorphism of the western part of Altai-Sayan fold region. Field excursion guide. – Novosibirsk, Russia, 2001. – P. 118–128.
10. Владимиров А.Г., Выставной С.А., Титов А.В., Руднев С.Н. и др. Петрология раннемезозойских редкометалльных гранитов юга Горного Алтая: вклад в проблему происхождения расплавов, аномально обогащенных редкими щелочами и фосфором // Геология и геофизика. – 1998. – Т. 39. – № 7. – С. 901–916.
11. Vystavnoy S.A., Titov A.V., Annikova I.Yu. Intracontinental granites of Southern Altai and associated rare-metal mineralization // Continental grows in the phanerozoic: evidence from Central Asia. Abstracts. – Ulaanbaatar, Mongolia, 1999. – P. 68–73.
12. Шокальский С.П., Бабин Г.А., Владимиров А.Г. и др. Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 190 с.
13. Анникова И.Ю. Редкометалльные граниты, онгониты и эльваны Калгутинского массива, Южный Алтай (состав, связь с оруденением, петрогенетическая модель формирования): Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. – Новосибирск, 2003. – 20 с.

14. Титов А.В., Владимиров А.Г., Выставной С.А., Поспелова Л.Н. Необычные высокотемпературные фельзит-порфиры в постгранитном дайковом поясе Калгутинского редкометалльно-гранитного массива (Горный Алтай) // Геохимия. – 2001. – № 6. – С. 677–682.
15. Василевский А.Н. Применение метода подбора при моделировании региональных геологических структур // Геология и геофизика. – 1980. – № 3. – С. 41–52.
16. Витте Л.В. Типы континентальной земной коры и история их развития. – Новосибирск: Наука, 1981. – 236 с.
17. Витте Л.В., Василевский А.Н. К вопросу о тектонической позиции и формах проявлений в коре щелочно-ультраосновного магматизма Сибирской платформы // Геология и геофизика. – 1988. – № 5. – С. 73–85.

УДК 550.831.05 (571.1)